

Riziko prašnosti v bani Nižná Slaná

Pavel Slančo¹, Milan Bobro a Jozef Hančulák

Dustiness risk in the mine of Nižná Slaná

The fibrogenous dust is considered as a specific harmful substance in mine working sites. Such a kind of dust cumulates in lungs and this fact usually results in the lungs dusting, the so – called pneumoconiosis. Thus, the dustiness risk poses a probability of the lungs damage by pneumoconiosis. For the calculation of the dustiness risk it is necessary to know the following data: the value of average dustiness k_c in the working site per a definite time period, the dispersivity of dust "D" (it determines a portion of dust particles with a diameter under $5 \mu\text{m}$, the so – called respirable particles) and the percentage content of quartz Q_r in the respirable grain size fraction.

The contribution presents a calculation of the dustiness risk "R" according to the equation (1), where "R" is in percentage, " \check{s}_a " is the analytically specific harmfulness and " KD_c " is the total cumulative dust dose received by a worker in the time of his dust exposure.

The total cumulative dust dose is calculated on the basis of the equation (4), where " k_c " is the average dust concentration in the assessed time period, t is the time of exposure, V is the average amount of air inspired by the exposed worker per a time unit (standardized at the value of $1,2 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$). 10^6 -recalculation from mg to kg for " KD_c ".

If the values of " Q_r ", "D" and " k_c " during the worker exposure on a definite workplace are constant, the dustiness risk "R" is calculated according to the equation (1) and (5) respectively. In the case of "n" time intervals for which the values " Q_r ", "D" and " k_c " are known, the dustiness risk "R" is calculated according to the equation (7). The total personal risk of the worker is given by the equation (8).

Key words: dustiness risk, cumulative dust dose, respirable portion, factor of fibrogenous, effect, specific harmfulness of mineral dust

Úvod

Špecifickou škodlivinou banského pracovného prostredia je tzv. fibrogénny prach. Jeho charakteristickým znakom je kumulácia v pľúcach – vzniká zaprášenie pľúc (pneumokonióza). Fibrogénny účinok prachu je podmienený obsahom fibrogénnych zložiek prachu. Jedná sa o kremeň, prípadne ďalšie kryštalické modifikácie SiO_2 a niektoré typy silikátov, najmä s vrstevnatou štruktúrou. Pre fibrogénny účinok je dôležitá tzv. respirabilná časť prachu (veľkosť prachových častíc je menšia ako $5 \mu\text{m}$), ktorá môže preniknúť do alveol pľúc, kde sa fibrogénny proces odohráva.

Výpočet rizika prašnosti

Podľa Smernice MZ SSR č.18/1987, § 9 sa riziko prašnosti hodnotí vzťahom

$$R = \check{s}_a \cdot KD_c, \quad (1)$$

R – riziko prašnosti [%] (predstavuje pravdepodobnosť poškodenia pľúc pneumokoniózou),

\check{s}_a – merná škodlivosť prachu určená analyticky [kg^{-1}],

KD_c – kumulatívna dávka celkového prachu prijatá pracovníkom v dobe prašnej expozície [kg].

Metodika stanovenia mernej škodlivosti minerálnych prachov (Příloha č.2/1988 k Acta hygienica, epidemiologica et microbiologica) udáva pre výpočet \check{s}_a vzťah

$$\check{s}_a = M_f \cdot D, \quad (2)$$

D – údaj o disperzite prachu určujúci respirabilný podiel prachu (častice s rozmerom menším ako $5 \mu\text{m}$) [%],

M_f – faktor fibrogénneho účinku prachu [%].

Pojem mernej škodlivosti prachu bol zavedený už dávnejšie (Kupka, 1988) a v praxi banských podnikov sa používa na vyjadrenie predovšetkým fibrogénnych vlastností prachov a to predovšetkým v rudných baniach.

Pre určenie M_f bola stanovená parabolická závislosť (Kupka, 1988)

$$M_f = P_f + B Q_r^2, \quad (3)$$

¹ RNDr. Pavel Slančo, RNDr. Milan Bobro, PhD., Ing. Jozef Hančulák, PhD., Ústav geotechniky SAV, Watsonova 45, 043 53 Košice (Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 9. 9. 2005)

Q_r – obsah kremeňa v respirabilnom podiele prachu [%],

P_f – fibrogénne pozadie (fibrogenita prachu z ostatných silikátov bez kremeňa – obsah kremeňa $Q_r = 0$) [%],

B – koeficient úmernosti.

Bolo zhotovených (Kupka, 1988) asi 200 vzoriek kremenného prachu a zmesných prachov z rôznych banských lokalít na Slovensku a na základe petrografického rozboru prachu a minerálov analyzovaných lokalít je vytvorených 7 kalibračných skupín fibrogenity, do ktorých môžu byť zaradené nové lokality (tab. 1). Z týchto kalibračných závislostí sa určuje hodnota fibrogénneho faktora M_f bez potreby nového testu fibrogenity na základe obsahu kremeňa v respirabilnom prachu.

Druhý člen v rovnici (1) určíme (Příloha č.2/1988 k Acta hygienica, epidemiologica et microbiologica) nasledovne:

$$KD_c = k_c t V 10^{-6}, \quad (4)$$

k_c – priemerná koncentrácia prachu za hodnotené obdobie v prašnom prostredí [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$],

t – expozičný čas [hod.],

V – priemerné množstvo vzduchu vdychnutého exponovaným pracovníkom za časovú jednotku (štandardizované na hodnotu $1,2 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$), 10^{-6} – prevod z mg na kg pre rozmer KD_c .

Tab. 1. Fibrogénny účinok banského prachu rôznych petrografických lokalít (Bobro, 2002)

Tab. 1. Fibrogenous effect of mining dust from various petrographical localities (Bobro, 2002)

P.č.	Geologicko-petrografická skupina	Prevažujúce horniny a minerály	Obsah kremeňa [%]	$M_f = P_f + B \cdot Q_r^2$ [%]
1	Staršie paleozoikum	porfyroidy, fylity, diabázy, kremeň, lydity	15 - 40	$151,1 + 0,067 \cdot Q_r^2$
2	Granitoidy	greizenitické granity, granity, granodiority, diority, živce, kremeň, plagioklasy, biotit, muskovit, chlorit, ílovité	25 - 50	$181,9 + 0,063 \cdot Q_r^2$
3	Neovulkanity stredoslovenské a východoslovenské	plagioklasy, K – živce, pyroxén, amfibol, epidot, zoizit, chlority, kremeň, vulkanické sklo, dacity, andezity, ryolity	5 - 50	$108,3 + 0,062 \cdot Q_r^2$
4	Karbónske magnezity a permské arkózy	magnesite, calcite, dolomite, ankerite, wollastonite, talc, quartz, illite, sericite	20 - 70	$102,7 + 0,055 \cdot Q_r^2$
5	Postvulkanické kvarcity	kremeň, cristobalit, tridymit, opál, chalcedón, prekremenelý organický detrit, bentonit	40 - 90	$156,7 + 0,053 \cdot Q_r^2$
6	Produktívny karbón	uhlie, pieskovce, zlepenca, ílovce, prachovce	1 - 40	$185,7 + 0,047 \cdot Q_r^2$
7	Hnedouhoľné a lignitové lokality	hnedé uhlie, lignit, andezity a medzislojové piesky	4 - 10	$144,2 + 0,042 \cdot Q_r^2$

Použitím rovníc (2), (3) a (4) je možné rovnicu (1) napísať v tvare

$$R = C(P_f + B Q_r^2) D k_c t, \quad (5)$$

$C = 1,2 \cdot 10^{-6} [\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}]$.

Riziko prašnosti bude potom pre danú petrografickú skupinu (tab.1.) funkciou

$$R = f(Q_r, k_c, D, t).$$

Pre výpočet rizika prašnosti je potrebné poznať hodnotu priemernej koncentrácie k_c , z ktorej je možné analytickým rozborom stanoviť respirabilný podiel D , obsah kremeňa Q_r v respirabilnom podiele a dobu expozície pracovníka t (pri danom k_c , D , Q_r).

Charakteristika ložiska

Oblasť Nižnej Slanej je z banického hľadiska známa niekoľko storočí. Historické údaje o banickej činnosti v okolí Nižnej Slanej sú bohaté. V minulosti sa v nižnoslanskej ložiskovej oblasti ťažilo zlato, striebro a najmä ortuť, o čom sú zmienky zo 16. a 17. storočia. V roku 1844 sa začala ťažba železnej rudy, ktorá je predmetom záujmu aj dnes.

Ložisko metasomatického sideritu sa nachádza vo vrchnom súvrství hornín gelnickej série staršieho paleozoika. Podložie tvoria porfyroidy, ktoré prechádzajú do rôznych typov fylitov a do karbonátovaj polohy

s rozdielnym podielom kryštalického sideritu, ankeritu a miestami aj vápenca. Bezprostredné nadložie je tvorené grafitickými fylitmi a chloriticko – sericitickými fylitmi, ktoré sú miestami prekremenené. Nadložie sedimentárneho súvrstvia tvoria znovu porfyroidy, vo fylitoch, ale aj samostatne žilne sa nachádza aj kremeň.

Nižnoslanský siderit je vysokoželeznatý a má aj zvýšený obsah Mn (Bobro, 2002), pričom so zvyšovaním obsahu Fe a Mn klesá obsah Mg. Priemerný obsah Fe v prírodnej rude je 33,5 % a Mn 2,18 %. Mangán je viazaný izomorfne v mriežke sideritu.

Referenčná vzorka z ložiska v Nižnej Slanej bola zložená (tab.2) z nasledujúcich komponentov:

Tab. 2. Horninové a mineralogické zloženie vzorky
Tab. 2. The petrographical and mineralogical composition of sample

Horninové a mineralogické zloženie	Podiel [%]	Obsah kremeňa v polietavom prachu [%]
Grafitické bridlice s ankeritom	25	19,7
Sideritová rudnina	46	
Kremité bridlice	21	
Kremeň	8	

Z hľadiska tvorby polietavých banských prachov patrí lokalita do 1. skupiny (tab. 1.). V referenčnej vzorke $Q_r = 15\%$, $D = 30\%$. Celková koncentrácia prachu bola meraná na 17 pracoviskách železorzudnej bane (tab. 3.).

Tab.3. Označenie pracoviska – hodnota koncentrácie prachu
Tab. 3. The indication of workplace – dust concentration

Č.	Označenie pracoviska	Koncentrácia [$\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$]
1	V. obzor 2. etáž – odťažba	2,74
2	V. obzor 1. etáž – komora č.503	1,60
3	163 B – vrtanie	1,68
4	140 B 0. etáž – bager	3,62
5	163 B – sypanie	2,26
6	195 pracovisko	2,38
7	165 pracovisko	1,93
8	Pracoviská 238/B	2,78
9	Pracoviská 22265 a 22162	1,52
10	Pracoviská 239/B – vrtanie, odstrel, bagrovanie	6,83
11	Pracoviská 135/1.etáž	1,90
12	Pracoviská 160	1,64
13	Pracovisko 136/1.etáž – vrtanie a ťažba	3,40
14	Pracovisko 135/0 – ťažba	4,04
15	Pracovisko 140/b – ťažba a bagrovanie	3,80
16	Pracovisko V. obzor 2. etáž	1,25
17	Pracovisko XII. Obzor - nadložie	0,67

V tab. 4. sú uvedené hodnoty rizika prašnosti pre jednotlivé pracoviská v železorzudnej bani v Nižnej Slanej. Do ročnej doby expozície pracovníka je započítaná denná pracovná doba 7 hod., čo pri 220 smenách za rok predstavuje 1540 hod. a za 35 rokov práce 53 900 hod.

Tab. 4. Riziko prašnosti na jednotlivých pracoviskách
Tab. 4. The risk of dustiness at individual workplaces

Č.	t [hod.]	k_c [$\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$]	Q_r [%]	D [%]	KD_c [kg]	M_f [%]	$\dot{\Sigma}_a$ [kg^{-1}]	R [%]
1	53 900	2,74	15	30	0,177	166,2	0,50	8,84
2	53 900	1,60	15	30	0,103	166,2	0,50	5,16
3	53 900	1,68	15	30	0,109	166,2	0,50	5,42
4	53 900	3,62	15	30	0,234	166,2	0,50	11,67
5	53 900	2,26	15	30	0,146	166,2	0,50	7,29
6	53 900	2,38	15	30	0,154	166,2	0,50	7,67
7	53 900	1,93	15	30	0,125	166,2	0,50	6,22
8	53 900	2,78	15	30	0,180	166,2	0,50	8,96
9	53 900	1,52	15	30	0,090	166,2	0,50	4,90
10	53 900	6,83	15	30	0,442	166,2	0,50	22,02
11	53 900	1,90	15	30	0,123	166,2	0,50	6,13
12	53 900	1,64	15	30	0,106	166,2	0,50	5,29
13	53 900	3,40	15	30	0,220	166,2	0,50	10,96
14	53 900	4,04	15	30	0,261	166,2	0,50	13,03
15	53 900	3,80	15	30	0,246	166,2	0,50	12,25
16	53 900	1,25	15	30	0,081	166,2	0,50	4,03
17	53 900	0,67	15	30	0,043	166,2	0,50	2,16

Povolenú hodnotu rizika prašnosti $R_{lim} = 10\%$ za 35 rokov práce prekračujú pracoviská č. 4, 10, 13, 14 a 15. V tab. 5. sú uvedené hodnoty rizika prašnosti pre 17 pracovísk v bani Nižná Slaná (tab. 3.) pre dobu expozície 5 rokov ($t = 7\,700$ hod.), 10 rokov ($t = 15\,400$ hod.), 15 rokov ($t = 23\,100$ hod.) a 20 rokov ($t = 30\,800$ hod.). Z tabuľky vidieť, že podľa výpočtu presahuje riziko prašnosti po 20 odpracovaných rokoch, pri nezmenených pracovných podmienkach, povolenú hranicu len na pracovisku č. 10.

Limitné koncentrácie polietavého prachu pre rôzne expozičné doby pracovníka vypočítame z rovnice (5) pomocou tab. 4 a tab. 5. sú uvedené v tab. 6.

Tab. 5. Hodnota rizika prašnosti pre rôznu dobu expozície pracovníka
Tab. 5. Risk of dustiness for various time of worker is exposition

Č. prac.	t [hod.]	R [%]	t [hod.]	R [%]	t [hod.]	R [%]	t [hod.]	R [%]
1	7 700	1,26	15 400	2,52	23 100	3,79	30 800	5,05
2	7 700	0,74	15 400	1,47	23 100	2,21	30 800	2,95
3	7 700	0,77	15 400	1,55	23 100	2,32	30 800	3,10
4	7 700	1,67	15 400	3,34	23 100	5,00	30 800	6,67
5	7 700	1,04	15 400	2,08	23 100	3,12	30 800	4,16
6	7 700	1,10	15 400	2,19	23 100	3,29	30 800	4,39
7	7 700	0,89	15 400	1,78	23 100	2,67	30 800	3,56
8	7 700	1,28	15 400	2,56	23 100	3,84	30 800	5,12
9	7 700	0,70	15 400	1,40	23 100	2,10	30 800	2,80
10	7 700	3,15	15 400	6,29	23 100	9,44	30 800	12,58
11	7 700	0,88	15 400	1,75	23 100	2,63	30 800	3,50
12	7 700	0,76	15 400	1,51	23 100	2,27	30 800	3,02
13	7 700	1,57	15 400	3,13	23 100	4,70	30 800	6,26
14	7 700	1,86	15 400	3,72	23 100	5,58	30 800	7,44
15	7 700	1,75	15 400	3,50	23 100	5,25	30 800	7,00
16	7 700	0,58	15 400	1,15	23 100	1,73	30 800	2,30
17	7 700	0,31	15 400	0,62	23 100	0,93	30 800	1,23

Tab. 6. Limitná koncentrácia prachu pre rôzne doby expozície pracovníka
Tab. 6. Limits dust concentration for various time of worker is exposition

t [hod.]	R_{lim} [%]	D [%]	Q_r [%]	B	P_f [%]	k_c [$mg\,m^{-3}$]
53 900	10	30	15	0,067	151,1	3,10
46 200	10	30	15	0,067	151,1	3,62
38 500	10	30	15	0,067	151,1	4,34
30 800	10	30	15	0,067	151,1	5,43
23 100	10	30	15	0,067	151,1	7,24
15 400	10	30	15	0,067	151,1	10,85
7 700	10	30	15	0,067	151,1	21,71

Ak sa v priebehu expozície pracovníka nemenia na určitom pracovisku hodnoty k_c , D, Q_r , riziko prašnosti vypočítame podľa rovnice (1), resp. (5). Hodnoty veličín k_c , D, Q_r sa na pracovisku vyhodnocujú v určitých časových intervaloch (rovnaký časový interval nie je nutnou podmienkou). V prípade, že máme n časových intervalov, v ktorých poznáme hodnoty k_c , D, Q_r a poznáme dĺžku časových intervalov, riziko prašnosti (Slančo et al., 2004) vypočítame:

$$R = \sum_{i=1}^n C(P_f + B Q_{r,i}^2) D_i k_{c,i} t_i, \quad (6)$$

kde $Q_{r,i}$, D_i , $k_{c,i}$ sú hodnoty z časového intervalu t_i .

A pracovník pracoval na k pracoviskách ($k > 1$), celkové osobné riziko pracovníka bude

$$R = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n C(P_f + B Q_{r,i}^2)_j D_{i,j} (k_{c,i})_j t_{i,j}, \quad (7)$$

$(P_f + B Q_{r,i}^2)_j$ – faktor fibrogénneho účinku prachu pri i -tom meraní na j -tom pracovisku,

$(k_{c,i})_j$ – priemeraná koncentrácia prachu pri i -tom meraní na j -tom pracovisku,

$t_{i,j}$ – i -ta doba expozície na j -tom pracovisku.

Záver

Smernica MZ SSR č.18/1987, § 9 definuje kritérium najvyššej prípustnej expozície na hranici 10 % pravdepodobnosti ochorenia na pneumokoniózu ($R_{lim.} = 10 \%$). Za predpokladu práce pracovníka na jednom pracovisku za 35 rokov prekračujú normu 10 % pravdepodobnosti ochorenia pracoviská č. 4, 10, 13, 14 a 15 (tab. 4). V prípade práce za 20 rokov len na pracovisku č. 10. Horná hranica expozičných dĺžok pracovníkov v bani Nižná Slaná je 10 rokov. Hodnota rizika prašnosti na najexponovanejšom pracovisku v bani za 10 rokov je na pracovisku č. 10 (tab. 5.) – $R = 6,29 \%$, čo predstavuje hodnotu rizika prašnosti menšiu ako je limitná hodnota rizika prašnosti. Ak pracovník pracoval na viacerých pracoviskách v bani, riziko prašnosti sa bude podľa rovnice (7) a tab. 5. pohybovať v rozmedzí $R = 0,62 - 6,29 \%$. Pri odhade rizika prašnosti je potrebné rátať aj so zmenou hodnôt k_c , D , Q_r na jednotlivých pracoviskách.

Literatúra - References

- Bobro, M.: Funkcie minerálnych disperzoidov v pracovnom prostredí slovenských baní. *Acta Montanistica Slovaca*, roč.7 (2002), č.1, s. 74-78.
- Kupka, J.: Záverečný protokol o experimentálnych prácach a zhodnotení výsledkov meraní o určení mernej škodlivosti prachu a rizika prašnosti pracovníkov závodov Rudných baní. *Banícky ústav SAV, Košice 1988*.
- Metodika stanovenia mernej škodlivosti minerálnych prachov. *Příloha č.2/1988 k Acta hygienica, epidemiological et microbiologica. Praha, říjen 1987*.
- Slančo, P., Bobro, M., Geldová, E.: Výpočet rizika prašnosti pre pracujúcich v prašnom prostredí. *Acta Montanistica Slovaca*, roč. 9, 2004, č.1, s. 41-45.
- Smernica MZ SSR č.18/1987.